WODA-ŚRODOWISKO-OBSZARY WIEJSKIE 2007: t. 7 z. 2b (21)
WATER-ENVIRONMENT-RURAL AREAS s. 143–153
www.imuz.edu.pl
© Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, 2007

# WPŁYW PROCESU MURSZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEB MUŁOWO-MURSZOWYCH W KOTLINIE BIEBRZY DOLNEJ

**Sławomir ROJ-ROJEWSKI**

Politechnika Białostocka, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

*Słowa kluczowe: gleby mułowo-murszowe, mursze mułowe, murszenie, właściwości fizyczne gleby*

S t r e s z c z e n i e

Proces murszenia utworów torfowych jest dobrze rozpoznany, natomiast utworów mułowych słabo. Dotychczas przeprowadzono niewiele badań właściwości fizycznych gleb mułowych, w tym także mułowo-murszowych.

W pracy scharakteryzowano główne właściwości fizyczne murszów mułowych z Kotliny Biebrzy Dolnej oraz porównano je z właściwościami mułów z tego obszaru. Wyniki badań wskazują na duże zmiany właściwości fizycznych mułów wywołane procesem murszenia. Jedynie popielność murszów mułowych jest zbliżona do popielności mułów, z których zostały wykształcone. Murszenie mułów powoduje znaczne zwiększenie gęstości objętościowej, gęstości właściwej, a zmniejszenie kurczliwości całkowitej. Następuje zmniejszenie zdolności retencyjnych, co objawia się mniejszymi wartościami pojemności wodnej kapilarnej, pojemności wodnej maksymalnej oraz wilgotności w warunkach pF = 2,0 i pF = 2,7. Wyraźnie zmniejsza się wilgotność aktualna, a zwiększa zawartość powietrza. Murszenie mułów zmienia także strukturę porów glebowych. Zmniejsza się udział mikroporów, a zwiększa makro- i mezoporów. Zmiany właściwości fizycznych mułów wywołane murszeniem są zbliżone do zmian zachodzących w torfach.

Ze względu na punktowe występowanie gleb mułowo-murszowych w Kotlinie Biebrzy Dolnej liczba przeanalizowanych próbek utworów murszowych była niewielka, dlatego też wyniki badań, szczególnie dotyczące krzywej sorpcji wody, należy traktować jako przybliżone. W celu lepszego rozpoznania wpływu procesu murszenia na właściwości mułów wskazana jest kontynuacja badań gleb mułowo-murszowych.

Adres do korespondencji: dr inż. S. Roj-Rojewski, Politechnika Białostocka, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok; tel.: +48 (85) 746-96-54, e-mail: roj@pb.edu.pl

## WSTĘP

Proces murszenia oraz jego oddziaływanie na morfologię i właściwości gleb są dobrze znane w utworach torfowych [OKRUSZKO, 1960; OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; OKRUSZKO, SAPEK, 1991; OKRUSZKO, SZUNIEWICZ, 1974; SZUNIEWICZ, 1960]. Znacznie mniej badań tego zjawiska wykonano w utworach mułowych.

Gleby i utwory mułowe zostały dokładniej zdefiniowane i wyróżnione dosyć późno – w latach 60. ubiegłego stulecia przez H. Okruszkę i J. Oświta [OKRUSZKO, 1969; OKRUSZKO, OŚWIT, 1969]. Gleby te tworzą się na tarasach zalewowych rzek i w starorzeczach. Warunkiem ich powstawania jest występowanie warunków silnej aerobiozy na skutek okresowo nisko opadającego poziomu wód gruntowych oraz dopływu wód zalewowych, bogatych w tlen na terenach przyrzecznych o bogatej mikrorzeźbie. Na glebach tych rozwijają się bujnie szuwary błotne, zazwyczaj szuwar mannowy i mozgowy z udziałem turzyc. W Polsce najwięcej gleb mułowych w stanie naturalnym występuje w dolinach zalewowych Narwi i Biebrzy, położonych w Kotlinie Biebrzy Dolnej, w granicach Biebrzańskiego Parku Narodowego. W zdecydowanej większości są one objęte fazą akumulacji, a tylko nieznaczny areał fazą decesji [BANASZUK, 2000; Plan..., 2000; ROJ-ROJEWSKI, 2006a, b]. Właściwości fizyczne gleb mułowo-murszowych są nadal mało rozpoznane.

Celem pracy jest przedstawienie głównych właściwości fizycznych murszów mułowych występujących w Kotlinie Biebrzy Dolnej na tle właściwości fizycznych mułów z tego obszaru, będących w fazie akumulacji, oraz porównanie zmian właściwości fizycznych mułów i torfów na skutek procesu murszenia.

## METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2000–2002 w dolinach zalewowych Narwi i Biebrzy, na obszarze Kotliny Biebrzy Dolnej. W obrębie siedlisk mułowych i madowych wyznaczono 5 powierzchni badawczych, na których łącznie opisano 20 odkrywek glebowych [ROJ-ROJEWSKI, 2006a]. Jako powierzchnie badawcze przyjęto charakterystyczne wycinki terenu mułowisk, na których wytypowano reprezentatywne profile glebowe. Na jednej z powierzchni, położonej w pobliżu miejscowości Łoje Awissa, scharakteryzowano profil gleby mułowo-murszowej. W próbkach glebowych z tego profilu oznaczono wybrane właściwości fizyczne podstawowe gleb: popielność, gęstość objętościową i kurczliwość całkowitą metodą wagowo-suszarkową oraz gęstość właściwą metodą alkoholową. Oznaczono również właściwości fizyczne funkcjonalne gleb: wilgotność aktualną, pojemność wodną kapilarną i pojemność wodną maksymalną (równoważną z porowatością ogólną) metodą wagowo-suszarkową, aktualną zawartość powietrza jako różnicę między porowatością ogólną a wilgotnością aktualną, a także krzywą pF za pomocą bloku pyłowego, pyłowo-kaolinowego i komory wysokociśnieniowej [ZAWADZKI, 1973]. Krzywą pF wyrównano wzorem van Genuchtena [VAN GENUCHTEN, 1980]. Na powierzchniach badawczych wykonano zdjęcia fitosocjologiczne metodą Brauna-Blanqueta.

Określono istotne statystycznie różnice między mułami a murszami mułowymi w zakresie badanych właściwości, wykorzystując test U Manna-Whitney'a w programie Statistica 6.0. W celu zwiększenia liczby próbek w analizach statystycznych popielności, gęsto-

ści objętościowej, wilgotności aktualnej, pojemności wodnej kapilarnej, maksymalnej oraz aktualnej zawartości powietrza próbek dodatkowo wykorzystano wyniki badań murszów mułowych uzyskane przez innych autorów z dwóch profili glebowych w Kotlinie Biebrzy Dolnej [OKRUSZKO, OŚWIT, 1969; Rozpoznanie..., 1980].

## WYNIKI I DYSKUSJA

Badana gleba została sklasyfikowana [OKRUSZKO, 1976; 1994] jako mułowo-murszowa średnio zmurszała MmII. W wierzchniej warstwie tej gleby wykształciło się 25 cm murszu, w którym wyróżniono warstwę murszu drobnoziarnistego M1 miąższości 13 cm i warstwę murszu gruboagregatowego M2 miąższości 12 cm (tab. 1). Mursz zalega na mule zamulonym, podścielonym pyłem ilastym. Piaski korytowe o składzie piasków luźnych występują od głębokości 70 cm. Glebę porasta szuwar mozgi trzcinowatej *Phalaridetum arundinaceae.* Poziom wody gruntowej latem 2000 r. występował najniżej ze wszystkich badanych gleb na mułowiskach Kotliny Biebrzy Dolnej – na głębokości 95 cm.

Analizowane mursze mułowe cechuje średnia popielność 66,2% s.m. (zakres 59,6–70,8% s.m.), nieco większa od średniej popielności mułów, lecz nie różniąca się od niej istotnie statystycznie ($p < 0,05$) (tab. 2). Również w profilu gleby MmII nie stwierdzono

**Tabela 1**. Charakterystyka profilu gleby mułowo-murszowej MmII z Kotliny Biebrzy Dolnej (Łoje Awissa 2)[1)]

**Table 1**. Description of profile of muddy-muck soil MmII from the Lower Biebrza Basin (Łoje Awissa 2)[1)]

| Głębokość<br>Depth<br>cm | Popielność<br>Ash content<br>% s.m.<br>% DM | Poziom genetyczny<br>Genetic horizon | Opis poziomu glebowego<br>Description of genetic horizon |
|---|---|---|---|
| 0–13 | 66,9 | M1 | mursz drobnoziarnisty, szary<br>fine-grained grey moorsh |
| 13–25 | 68,5 | M2 | mursz gruboagregatowy, czarny, brązowe konkrecje żelaza<br>coarse-aggregate moorsh, black, brown iron concretions |
| 25–45 | 68,3 | Omz | muł zamulony z domieszką iłu, czarny, z dużą ilością wytrąceń żelaza<br>silted mud with clay, black, with a lot of iron precipitates |
| 45–55 | 85,0 | OmzD | pył ilasty przesycony mułem, ciemnoszary<br>clay rich silt saturated with mud, dark-grey |
| 55–70 | 92,7 | D | pył ilasty, barwa szaro-brązowa<br>clay rich silt, grey and brown |
| 70–130 | 99,4 | DG | piasek luźny, szary, oglejenie całkowite<br>loose sand, grey, total gley |

[1)] Poziom wody gruntowej 95 cm 9.08.2000 r.

[1)] Ground water depth 95 cm 9.08.2000.

**Tabela 2.** Parametry statystyczne właściwości fizycznych podstawowych mułów i murszów mułowych z Kotliny Biebrzy Dolnej

**Table 2.** Statistical parameters of basic physical properties of muds and muddy mucks from the Lower Biebrza Basin

| Właściwość<br>Property | Utwór glebowy<br>Soil formation | Liczba próbek<br>Number of samples | Wartość Value | | | | $V$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | min. | max | $\bar{x}$ | $s$ | |
| Popielność, % s.m.<br>Ash content, % DM | muł[1)] mud[1)]<br>mursz mułowy[1), 2)]<br>muddy moorsh[1), 2)] | 49<br>8 | 25,8<br>59,6 | 80,0<br>70,8 | 57,7a<br>66,2a | 14,1<br>4,3 | 24,5<br>6,5 |
| Gęstość objętościowa, $Mg \cdot m^{-3}$<br>Bulk density, $Mg \cdot m^{-3}$ | muł[1)] mud[1)]<br>mursz mułowy[1), 2)]<br>muddy moorsh[1), 2)] | 114<br>12 | 0,122<br>0,374 | 0,865<br>0,542 | 0,308a<br>0,470b | 0,135<br>0,057 | 43,9<br>12,1 |
| Gęstość właściwa, $Mg \cdot m^{-3}$<br>Specific density, $Mg \cdot m^{-3}$ | muł[1)] mud[1)]<br>mursz mułowy[1)]<br>muddy moorsh[1)] | 49<br>6 | 1,497<br>1,947 | 2,364<br>2,304 | 1,940a<br>2,128b | 0,217<br>0,125 | 11,2<br>5,9 |
| Kurczliwość całkowita, $m^3 \cdot m^{-3}$<br>Total shrinkage, $m^3 \cdot m^{-3}$ | muł[1)] mud[1)]<br>mursz mułowy[1)]<br>muddy moorsh[1)] | 88<br>8 | 0,204<br>0,268 | 0,804<br>0,615 | 0,603a<br>0,463b | 0,116<br>0,113 | 19,2<br>24,4 |

Objaśnienia: min. – minimum, max – maksimum, $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, $s$ – odchylenie standardowe, $V$ – współczynnik zmienności, a, b – średnie oznaczone tą samą literą w kolumnach nie różnią się statystycznie istotnie, gdy $p < 0,05$.
[1)] Wyniki badań własnych. [2)] Wyniki badań innych autorów.

Explanations: min. – minimum, max – maximum, $\bar{x}$ – arithmetic mean, $s$ – standard deviation, $V$ – variability coefficient, a, b – means marked with the same letter don't differ significantly at $p < 0.05$.
[1)] Results of the own studies. [2)] Results of other authors.

większych różnic w popielności murszów i mułów, z których się te mursze wykształciły (tab. 3). Tak więc, w odróżnieniu od gleb torfowych, w których popielność często bardzo się zwiększa na skutek murszenia [OKRUSZKO, 1960; OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; OKRUSZKO, SAPEK, 1991], w glebach mułowych proces murszowy nie powoduje wyraźnego zwiększenia zawartości części mineralnych. Można to tłumaczyć silniejszą humifikacją i większą zasobnością mułów we frakcje mineralne – murszenie zachodzi w nich szybciej, lecz związki mineralne nie są uwalniane z masy organicznej w znacznej ilości.

Mursze mułowe mają większą gęstość objętościową niż muły (różnice istotne statystycznie, gdy $p < 0,05$) – średnio 0,470 $Mg \cdot m^{-3}$ (zakres 0,374–0,542 $Mg \cdot m^{-3}$) (tab. 2), co uwidacznia się także w profilu glebowym (tab. 3). Murszenie mułów, analogicznie jak torfów, zwiększa więc wydatnie gęstość objętościową [OKRUSZKO, 1960; OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; Rozpoznanie..., 1980].

Gęstość właściwa murszów mułowych, mimo braku wyraźnych różnic w popielności, jest większa od gęstości właściwej mułów ($p < 0,05$) i wynosi średnio 2,128 $Mg \cdot m^{-3}$ (zakres 1,947–2,304 $Mg \cdot m^{-3}$) (tab. 2, 3). Podobna zależność występuje w torfach i wytworzonych z nich murszach [OKRUSZKO, 1960; SZUNIEWICZ, 1960].

Proces murszenia w torfach znacznie zmniejsza ich kurczliwość całkowitą [SZYMANOWSKI, 1982]. Taka sama sytuacja występuje w przypadku murszenia mułów. Mursze mułowe cechuje średnia kurczliwość 0,463 $m^3 \cdot m^{-3}$ (zakres 0,268–0,615 $m^3 \cdot m^{-3}$), zdecydowanie mniejsza niż mułów ($p < 0,05$) (tab. 2). Różnice te są widoczne również w profilu glebowym (tab. 3).

Badane mursze mułowe mają wilgotność aktualną od 0,466 do 0,715 $m^3 \cdot m^{-3}$, średnio 0,580 $m^3 \cdot m^{-3}$ (tab. 4). Jest ona zdecydowanie mniejsza od wilgotności aktualnej mułów na tym obszarze ($p < 0,05$). Stwierdzono też znacznie większe uwilgotnienie niżej zalegającej warstwy mułu niż warstwy murszowej (tab. 5). Podobnie jest w glebach torfowo-murszowych w związku z przerwaniem parowania z głębszych warstw do powierzchni [OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; SMÓLCZYŃSKI, ORZECHOWSKI, PIAŚCIK, 2000].

Pojemność wodna kapilarna murszów mułowych wynosi średnio 0,779 $m^3 \cdot m^{-3}$ (zakres 0,754–0,837 $m^3 \cdot m^{-3}$), natomiast pojemność wodna maksymalna, którą można utożsamiać z porowatością ogólną, zawiera się w przedziale od 0,771 do 0,846 $m^3 \cdot m^{-3}$ (średnio 0,799 $m^3 \cdot m^{-3}$) (tab. 4). Pojemność wodna murszów mułowych jest mniejsza niż mułów ($p < 0,05$), co jest widoczne także w profilu gleby MmII (tab. 5). Podobna zależność występuje w murszach torfowych i torfach [OKRUSZKO, 1960; OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; Rozpoznanie..., 1980].

Aktualna zawartość powietrza w murszach mułowych wynosi średnio 0,242 $m^3 \cdot m^{-3}$ (zakres 0,085–0,309 $m^3 \cdot m^{-3}$) i jest kilkakrotnie większa niż w mułach ($p < 0,05$, tab. 4, 5). Murszenie torfów również powoduje znaczne zwiększenie zawartości powietrza [Rozpoznanie..., 1980].

Mursze mułowe charakteryzują się specyficzną strukturą porów glebowych, podobną do struktury porów w mułach (tab. 4). Największy udział mają mezopory – średnio 0,357 $m^3 \cdot m^{-3}$, nieco mniejszy mikropory – średnio 0,305 $m^3 \cdot m^{-3}$, a zdecydowanie najmniejszy makropory – średnio 0,153 $m^3 \cdot m^{-3}$. W świetle przeprowadzonych badań statystycznych utwory te niewiele różnią się pod względem właściwości retencyjnych od mułów (tab. 4). Istotne statystycznie różnice ($p < 0,05$) stwierdzono jedynie w zakresie wilgotności w warunkach pF = 2,0. Wyników tej analizy nie uwzględniono w dalszych rozważaniach ze

**Tabela 3.** Właściwości fizyczne podstawowe w glebie mułowo-murszowej MmII z Kotliny Biebrzy Dolnej (profil Łoje Awissa 2)

**Table 3.** Basic physical properties of muddy-moorsh soil MmII from the Lower Biebrza Basin (Łoje Awissa 2 profile)

| Poziom genetyczny Genetic horizon | Głębokość Depth cm | Popielność Ash content % s.m. % DM | | | Gęstość objętościowa Bulk density $Mg \cdot m^{-3}$ | | | Gęstość właściwa Specific density $Mg \cdot m^{-3}$ | | | Kurczliwość całkowita Total shrinkage $m^3 \cdot m^{-3}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *n* | $\bar{x}$ | *s* | *n* | $\bar{x}$ | *s* | *n* | $\bar{x}$ | *s* | *n* | $\bar{x}$ | *s* |
| M1 | 5–10 | 5 | 66,9 | 4,6 | 7 | 0,472 | 0,033 | 5 | 2,124 | 0,139 | 6 | 0,512 | 0,074 |
| M2 | 20–25 | 1 | 68,5 | – | 3 | 0,530 | 0,012 | 1 | 2,144 | – | 2 | 0,315 | 0,066 |
| Omz | 35–40 | 1 | 68,3 | – | 3 | 0,377 | 0,003 | 1 | 2,046 | – | 2 | 0,684 | 0,029 |
| OmzD | 45–50 | 1 | 85,0 | – | – | – | – | 1 | 2,426 | – | – | – | – |
| D | 60–65 | 1 | 92,7 | – | – | – | – | 1 | 2,715 | – | – | – | – |
| DG | 105–110 | 1 | 99,4 | – | – | – | – | 1 | 2,594 | – | – | – | – |

Objaśnienia: *n* – liczba próbek, $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, *s* – odchylenie standardowe.

Explanations: *n* – number of samples, $\bar{x}$ – arithmetic mean, *s* – standard deviation.

**Tabela 4.** Parametry statystyczne właściwości fizycznych funkcjonalnych mułów i murszów mułowych z Kotliny Biebrzy Dolnej, $m^3 \cdot m^{-3}$

**Table 4.** Statistical parameters of functional physical properties of muds and muddy moorshes from the Lower Biebrza Basin, $m^3 \cdot m^{-3}$

| Właściwość<br>Property | Liczba próbek<br>Number of samples | Utwór glebowy<br>Soil formation | Wartość Value | | | | *V*, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | min. | max | $\bar{x}$ | *s* | |
| Wilgotność aktualna | 114 | muł[1)] muds[1)] | 0,560 | 0,920 | 0,792a | 0,068 | 8,6 |
| Actual moisture | 12 | mursz mułowy[1), 2)] muddy moorshes[1), 2)] | 0,466 | 0,715 | 0,580b | 0,091 | 15,6 |
| Pojemność wodna kapilarna | 114 | muł[1)] muds[1)] | 0,599 | 0,946 | 0,839a | 0,057 | 6,8 |
| Capillary water capacity | 12 | mursz mułowy[1), 2)] muddy moorshes[1), 2)] | 0,754 | 0,837 | 0,779b | 0,025 | 3,2 |
| Pojemność wodna maksymalna | 114 | muł[1)] muds[1)] | 0,615 | 0,949 | 0,849a | 0,056 | 6,6 |
| Maximum water capacity | 12 | mursz mułowy[1), 2)] muddy moorshes[1), 2)] | 0,771 | 0,846 | 0,799b | 0,022 | 2,7 |
| Aktualna zawartość powietrza | 114 | muł[1)] muds[1)] | 0,003 | 0,182 | 0,056a | 0,033 | 58,3 |
| Actual air content | 12 | mursz mułowy[1), 2)] muddy moorshes[1), 2)] | 0,085 | 0,309 | 0,242b | 0,072 | 29,7 |
| Wilgotność pF = 2,0 | 19 | muł[1)] muds[1)] | 0,666 | 0,825 | 0,752a | 0,040 | 5,3 |
| Moisture at pF = 2.0 | 4 | mursz mułowy[1)] muddy moorshes[1)] | 0,609 | 0,728 | 0,662b | 0,055 | 8,3 |
| Wilgotność pF = 2,7 | 19 | muł[1)] muds[1)] | 0,464 | 0,697 | 0,573a | 0,068 | 11,9 |
| Moisture at pF = 2.7 | 4 | mursz mułowy[1)] muddy moorshes[1)] | 0,466 | 0,603 | 0,523a | 0,065 | 12,4 |
| Makropory pF < 2,0 | 19 | muł[1)] muds[1)] | 0,074 | 0,193 | 0,121a | 0,036 | 30,1 |
| Macropores pF < 2.0 | 4 | mursz mułowy[1)] muddy moorshes[1)] | 0,111 | 0,218 | 0,153a | 0,048 | 31,4 |
| Mezopory pF = 2,0–4,2 | 19 | muł[1)] muds[1)] | 0,267 | 0,509 | 0,392a | 0,074 | 18,9 |
| Mesopores pF = 2.0–4.2 | 4 | mursz mułowy[1)] muddy moorshes[1)] | 0,329 | 0,401 | 0,357a | 0,031 | 8,7 |
| Mikropory pF > 4,2 | 19 | muł[1)] muds[1)] | 0,208 | 0,472 | 0,360a | 0,077 | 21,3 |
| Micropores pF > 4.2 | 4 | mursz mułowy[1)] muddy moorshes[1)] | 0,224 | 0,373 | 0,305a | 0,066 | 21,6 |
| Efektywna retencja użyteczna *ERU* pF = 2,0–2,7 | 19 | muł[1)] muds[1)] | 0,102 | 0,275 | 0,179a | 0,047 | 26,2 |
| Effective useful retention *RAW* pF = 2.0–2.7 | 4 | mursz mułowy[1)] muddy mucks[1)] | 0,125 | 0,159 | 0,139a | 0,014 | 10,1 |

Objaśnienia: jak pod tabelą 2.

Explanations as in Tab. 2.

**Tabela 5.** Pojemność wodna i aktualna zawartość powietrza w glebie mułowo-murszowej MmII z Kotliny Biebrzy Dolnej, $m^3 \cdot m^{-3}$ (profil Łoje Awissa 2)

**Table 5.** Water capacity and actual air content in muddy-moorsh soil MmII from the Lower Biebrza Basin, $m^3 \cdot m^{-3}$ (Łoje Awissa 2 profile)

| Poziom genetyczny Genetic horizon | Głębokość Depth cm | Liczba próbek Number of samples | Wilgotność aktualna Actual moisture | | Kapilarna pojemność wodna Capillary water capacity | | Maksymalna pojemność wodna Maximum water capacity | | Aktualna zawartość powietrza Actual air content | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\bar{x}$ | $s$ | $\bar{x}$ | $s$ | $\bar{x}$ | $s$ | $\bar{x}$ | $s$ |
| M1 | 5–10 | 7 | 0,561 | 0,087 | 0,777 | 0,018 | 0,793 | 0,016 | 0,232 | 0,083 |
| M2 | 20–25 | 3 | 0,544 | 0,070 | 0,791 | 0,040 | 0,811 | 0,030 | 0,267 | 0,040 |
| Omz | 35–40 | 3 | 0,697 | 0,009 | 0,806 | 0,012 | 0,818 | 0,012 | 0,122 | 0,006 |

Objaśnienia: $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, $s$ – odchylenie standardowe.

Explanations: $\bar{x}$ – arithmetic mean, $s$ – standard deviation.

względu na bardzo nieliczną próbę murszów mułowych ($n$ = 4). Jako bardziej wiarygodną przyjęto analizę charakterystyk retencyjnych w profilu gleby MmII (tab. 6). W murszach mułowych występuje mniejsza niż w mułach wilgotność w warunkach pF = 2,0 (średnio 0,662 $m^3 \cdot m^{-3}$) i pF = 2,7 (średnio 0,523 $m^3 \cdot m^{-3}$), a większa efektywna retencja użyteczna, mniej jest mikroporów, a więcej makroporów, a także nieco więcej mezoporów (tab. 4). Ogólna porowatość murszu jest mniejsza niż mułów. Murszenie mułów powoduje więc odmienne zmiany w strukturze porów glebowych niż w torfach [OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990; SZYMANOWSKI, 1993]. Występują podobne relacje w odniesieniu do porowatości ogólnej, zawartości wody w warunkach pF = 2,0 oraz udziału makroporów, natomiast odwrotne w przypadku udziału mikro- i mezoporów.

Aktualna wilgotność murszów mułowych w badanym okresie była mniejsza od dolnej granicy wody łatwo dostępnej (pF = 2,7), co świadczy o gorszym zaopatrywaniu roślin w wodę niż w przypadku mułów, których wilgotność oscylowała w granicach wilgotności odpowiadającej zawartości wody w warunkach pF = 2,0 [ROJ-ROJEWSKI, 2006b].

Uzyskane wyniki analiz właściwości fizycznych murszów mułowych Kotliny Biebrzy Dolnej, szczególnie popielności, gęstości objętościowej, wilgotności aktualnej i pojemności wodnej maksymalnej, są bardzo zbliżone do wyników analiz murszów mułowych wykształconych w Delcie Wiślanej [SMÓLCZYŃSKI, ORZECHOWSKI, PIAŚCIK, 2000].

## WNIOSKI

1. Proces murszenia wywołuje duże zmiany właściwości fizycznych mułów. Pod jego wpływem następuje znaczne zwiększenie gęstości objętościowej, gęstości właściwej oraz duże zmniejszenie kurczliwości całkowitej. Proces ten powoduje także zmniejszenie zdolności retencyjnych, co objawia się mniejszą pojemnością wodną kapilarną, pojemnością wodną maksymalną oraz wilgotnością w warunkach pF = 2,0 i pF = 2,7. Wyraźnie zmniejsza się wilgotność aktualna – poniżej wilgotności odpowiadającej pF = 2,7, a zwiększa się zawartość powietrza.

**Tabela 6.** Właściwości retencyjne gleby mułowo-murszowej MmII z Kotliny Biebrzy Dolnej, $m^3 \cdot m^{-3}$ (profil Łoje Awissa 2)[1)]

**Table 6.** Retention properties of muddy-moorsh soil MmII from the Lower Biebrza Basin, $m^3 \cdot m^{-3}$ (Łoje Awissa 2 profile)[1)]

| Poziom genetyczny Genetic horizon | Głębokość Depth cm | Liczba próbek Number of samples | Porowatość ogólna Total porosity | Wilgotność Moisture at | | Makropory Macropores | Mezopory Mesopores | Mikropory Micropores | Efektywna retencja użyteczna *ERU* Effective useful retention *RAW* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | pF = 2,0 | pF = 2,7 | pF < 2,0 | pF = 2,0–4,2 | pF > 4,2 | pF = 2,0–2,7 |
| M1 | 5–10 | 3 | 0,809 | 0,687 | 0,549 | 0,123 | 0,345 | 0,342 | 0,138 |
| M2 | 20–25 | 3 | 0,838 | 0,728 | 0,603 | 0,111 | 0,355 | 0,373 | 0,125 |
| Omz | 35–40 | 3 | 0,834 | 0,741 | 0,639 | 0,093 | 0,302 | 0,439 | 0,102 |

[1)] Krzywe pF zostały wyrównane wzorem van Genuchtena.

[1)] pF curves were smoothed by van Genuchten's equation.

2. Murszenie mułów zmienia także strukturę porów glebowych. Zmniejsza się udział mikroporów, a zwiększa makro- i mezoporów. Mimo niewielkiego zwiększania się efektywnej retencji użytecznej *ERU*, następuje pogorszenie dostępności wody dla roślin.

3. Podstawą prawidłowego użytkowania oraz ochrony gleb mułowo-murszowych powinno być utrzymywanie właściwego uwilgotnienia tych gleb, zapewniającego normalny rozwój porastającej je roślinności. Wilgotność wierzchnich warstw badanej gleby MmII nie powinna zmniejszać się poniżej wartości ok. 0,600 $m^3 \cdot m^{-3}$.

4. Murszenie mułów powoduje podobne zmiany właściwości fizycznych, jak w torfach. W odróżnieniu od torfów proces ten nie przyczynia się do wyraźnego zwiększenia popielności. Nieco inaczej oddziałuje też na porowatość różnicową.

5. Wyniki badań należy traktować jako przybliżone ze względu na małą liczbę przeanalizowanych próbek glebowych. W celu lepszego poznania procesu murszenia mułów wymagana jest kontynuacja badań gleb mułowo-murszowych.

Badania zostały sfinansowane w ramach pracy statutowej S/IIŚ/21/04.

## LITERATURA

BANASZUK H., 2000. Rozmieszczenie i budowa profilowa mad i gleb mułowych w dolinach Narwi i Biebrzy wykształconych na obszarze Kotliny Biebrzańskiej na tle geomorfologii terenu. Biul. Nauk. UWM Olszt. nr 9 s. 181–193.

OKRUSZKO H., 1960. Gleby murszowe torfowisk dolinowych i ich chemiczne oraz fizyczne właściwości. Rocz. Nauk Rol. Ser. F t. 74 z. 1 s. 5–81.

OKRUSZKO H., 1969. Powstawanie mułów i gleb mułowych. Rocz. Gleb. t. 20 z. 1 s. 51–66.

OKRUSZKO H., 1976. Zasady rozpoznawania i podziału gleb hydrogenicznych z punktu widzenia potrzeb melioracji. W: Materiały pomocnicze do badań gleboznawczych przy projektowaniu melioracji. Bibl. Wiad. IMUZ 52 s. 7–54.

OKRUSZKO H., 1994. System of hydrogenic soil classification used in Poland. W: Taxonomy of hydrogenic soils and sites used in Poland. Bibl. Wiad. IMUZ 84 ss. 5–27.

OKRUSZKO H., OŚWIT J., 1969. Gleby mułowe na tle warunków doliny dolnej Biebrzy. Rocz. Gleb. t. 20 z. 1 s. 25–49.

OKRUSZKO H., PIAŚCIK. H., 1990. Charakterystyka gleb hydrogenicznych. Olsztyn: Wydaw. ART s. 93–122.

OKRUSZKO H., SAPEK B., 1991. Zasobność gleb torfowych w składniki mineralne w aspekcie zasad nawożenia. W: Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności Zakładu Doświadczalnego Biebrza. Bibl. Wiad. IMUZ 77 s. 79–86.

OKRUSZKO H., SZUNIEWICZ J., 1974. Zróżnicowanie porowatości i związanych z nią stosunków powietrzno-wodnych w glebach torfowisk niskich. Torf. Biul. Inf. nr 4 (43).

Plan ochrony Biebrzańskiego Parku Narodowego. Operat ochrony zasobów i walorów przyrody nieożywionej i gleb, 2000. Pr. pod kier. H. Banaszuka. Białystok: PBiał. maszyn. ss. 33.

ROJ-ROJEWSKI S., 2006a. Budowa profilowa i właściwości fizyczno-chemiczne gleb mułowych w Kotlinie Biebrzy Dolnej w aspekcie ochrony mułowisk. Zesz. Nauk. PBiał. Inż. Środ. z. 17 s. 25–40.

ROJ-ROJEWSKI S., 2006b. Air-water properties of mud soils in the Lower Biebrza Basin from protection aspect. Pol. J. Env. Stud. 15 (5D) s. 114–116.

Rozpoznanie charakteru i właściwości gleb na terenie Dolnej Biebrzy, 1980. Pr. pod kier. J. Gotkiewicza. Temat W – 1.02.04. Falenty: IMUZ, Biebrza: ZDMUZ. maszyn.

SMÓLCZYŃSKI S., ORZECHOWSKI M., PIAŚCIK H., 2000. Właściwości fizyczno-wodne oraz prognostyczne kompleksy wilgotnościowo-glebowe gleb hydrogenicznych w krajobrazie Delty Wiślanej. Biul. Nauk. UWM Olszt. nr 9 s. 93–102.

SZUNIEWICZ J., 1960. Niektóre fizyko-wodne właściwości torfowiska Kuwasy. Rocz. Nauk Rol. Ser. F t. 74 z. 1 s. 113–141.

SZYMANOWSKI M., 1982. Kurczliwość utworów torfowych. Torf nr 3 (74) s. 12–25.

SZYMANOWSKI M., 1993. Kurczliwość gleb torfowych niskopopielnych i ocena wilgotności w warunkach polowych przy wykorzystaniu krzywych sorpcji. Wiad. IMUZ t. 17 z. 3 s. 175–189.

VAN GENUCHTEN M. TH., 1980. A close-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44 s. 892–897.

ZAWADZKI S., 1973. Laboratoryjne oznaczanie zdolności retencyjnych utworów glebowych. Wiad. IMUZ t. 11 z. 2 s. 11–31.

*Sławomir ROJ-ROJEWSKI*

**THE EFFECT OF MOORSH-FORMING PROCESS ON PHYSICAL PROPERTIES OF MOORSH-MUDS FORMED IN THE LOWER BIEBRZA BASIN**

*Key words: moorsh-forming process, muddy-muck soils, physical properties of soils*

S u m m a r y

The moorsh-forming process in peat formations is well known, but the moorshing of muds is poorly recognized. So far, a few studies on physical properties of mud soils, including muddy-moorsh soils, have been carried out.

Main physical properties of muddy moorsh from the Lower Biebrza Basin were described and compared with the properties of muds from the same area. The results show remarkable changes of physical properties of muds caused by the moorsh-forming process. Only ash content in muddy moorsh is similar to that in muds, from which muddy moorshes have developed. The decay of muds results in significant increase in bulk density, specific density and in a decrease of total shrinkage. The retention properties decrease due to lower capillary water capacity, maximum water capacity, and moisture at pF 2.0 and pF 2.7. Actual moisture significantly decreases and air content increases. Moorshing of muds changes also the structure of soil pores. The content of micropores decreases while that of macropores and mesopores increases. Changes in physical properties of muds caused by the moorsh-forming process are similar to changes that take place in peat soils.

The number of analysed moorsh samples was low because of point-wise distribution of muddy-moorsh soils in the Lower Biebrza Basin. Therefore, the obtained results, especially those concerning pF curves, should be treated as a rough approximation. Further studies on muds are recommended to better recognise the effect of moorsh forming process on physical properties of this type of soils.

Recenzenci:
*prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz*
*dr hab. Andrzej Łachacz – prof. UWM*

Praca wpłynęła do Redakcji 18.09.2007 r.